

Docket No.: GR01P4989

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : JÖRG-REINHARDT KROPP  
Filed : CONCURRENTLY HEREWITH  
Title : OPTICAL TRANSMITTER AND METHOD FOR GENERATING A  
DIGITAL OPTICAL SIGNAL SEQUENCE



CLAIM FOR PRIORITY

Hon. Commissioner of Patents and Trademarks,  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119,  
based upon the German Patent Application 101 27 541.2, filed May 31, 2001.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted  
herewith.

Respectfully submitted,

Handwritten signature of Laurence A. Greenberg.

LAURENCE A. GREENBERG  
REG. NO. 29,308

For Applicant

Date: January 25, 2002

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100  
Fax: (954) 925-1101

/kf



JCE25 U.S. PRO

10/057105



01/26/02

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 101 27 541.2

**Anmeldetag:** 31. Mai 2001

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG,  
München/DE

**Bezeichnung:** Optischer Sender und Verfahren zum Erzeugen  
einer digitalen optischen Signalfolge

**IPC:** H 04 J, H 04 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 08. November 2001  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Waasmaier

## Beschreibung

Bezeichnung der Erfindung: Optischer Sender und Verfahren zum Erzeugen einer digitalen optischen Signalfolge.

5

Die Erfindung betrifft einen optischen Sender zum Erzeugen einer digitalen optischen Signalfolge und ein entsprechendes Verfahren. Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet der Erfindung liegt in der optischen Datenkommunikation für höchste

10 Übertragungsraten oberhalb von 10 Gbit/s.

Es ist bekannt, in der optischen Datenkommunikation optische Sender mit Halbleiterlasern zu verwenden, die eine elektrische Signalfolge in eine optische Signalfolge

15 umwandeln. Insbesondere ist es bekannt, hierzu

kantenemittierende Laser (EEL = edge emitting laser) und oberflächenemittierende Laser (VCSEL = vertical cavity surface emitting laser) zu verwenden. Die Laser werden entweder durch direkte Modulation mit einem elektrischen

20 Ansteuerstrom betrieben oder es wird eine Kombination von Halbleiterlasern und Modulatoren eingesetzt, wobei in

letzterem Fall ein kontinuierliches Laserlicht durch einen optisch nachfolgenden Modulator moduliert wird. Modulatoren benötigen allerdings im allgemeinen eine sehr aufwendige

25 Montage- und Modultechnik sowie eine elektrische Ansteuerung mit recht hohen Spannungen, so daß eine direkte Modulation bei vielen Anwendungen zu bevorzugen ist.

Bei der direkten Modulation eines Halbleiterlasers führen

30 insbesondere die beiden folgenden Effekte zu einer

unerwünschten Begrenzung der Bandbreite, d.h. der maximal übertragbaren Datenrate. Zum einen ist das Anschwingverhalten eines Halbleiterlasers aufgrund interner Reaktionszeiten abhängig von der „Vorgeschichte“, also der jeweils

35 vorangegangenen Signalzusammensetzung. Beispielsweise sind Schnelligkeit und Form der ansteigenden Flanke des letzten

Bits der logischen Signalfolge „1 0 0 0 1“ anders als bei der

logischen Signalfolge „1 0 1“. Insbesondere ist Anschwingverhalten zu einem „1“-Bit verlangsamt, wenn dem betrachteten „1“-Bit mehrere „0“-Bits vorangehen. Der genannte Effekt führt zu einem unerwünschten Jitter, d.h.

- 5 einer zeitlichen Schwankung der Anstiegsflanken, die sich als beschränkend für die Bandbreite auswirkt (sogenanntes „data dependent jitter“).

- 10 Zum anderen liegt bei der abfallenden Flanke eines „1“-Bits bei Übergang auf den „0“-Level ein unerwünschtes Nachschwingen vor, das ein darauf folgendes logisches Signal stört und insbesondere die Anstiegsflanke eines späteren „1“-Bits beeinflusst, was wiederum zu einem unerwünschten Jitter führt.

15

- Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, einen optischen Sender und ein Verfahren zum Erzeugen einer digitalen optischen Signalfolge zur Verfügung zu stellen, die bei direkt  
20 modulierten Halbleiterlasern eine verbesserte Bandbreite der Datenübertragung ermöglichen.

- Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen optischen Sender mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren  
25 mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst. Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

- Danach zeichnet sich die erfindungsgemäße Lösung dadurch aus,  
30 daß der optische Sender eine Mehrzahl unabhängig ansteuerbarer Lichtsender und eine Steuereinrichtung aufweist, die die Bits einer in eine digitale optische Signalfolge umzuwandelnden digitalen elektrischen Signalfolge auf die Lichtsender verteilt. Dabei erzeugen die Lichtsender  
35 zu den erhaltenen Bits jeweils ein optisches Signal und werden die von den Lichtsendern erzeugten optischen Signale in einen optischen Signalpfad zusammengeführt und überlagert.

Das überlagerte optische Signal stellt dann das Signal für die Datenübertragung dar.

Die erfindungsgemäße Lösung basiert auf dem Gedanken, eine  
5 logische „1“ („1“-Bit) stets nach einer möglichst langen  
Anzahl von logischen „0“-Signalen („0“-Bits) zu beginnen,  
damit die ansteigende Flanke genau definiert ist und auch  
nicht durch Nachschwingsignale vorhergehender „1“-Bits  
gestört wird. Eine Ansteuerung eines Lichtsenders zur  
10 Erzeugung eines „1“-Bits soll erfindungsgemäß somit stets von  
dem logischen Wert „0“ beginnen, wobei eine Mehrzahl von „0“-  
Bits vorliegen sollte, bevor wieder ein „1“-Bit erzeugt wird.  
Hierzu sieht die erfindungsgemäße Lösung die Verwendung  
mehrerer Lichtsender vor, auf die die zu erzeugenden  
15 Lichtsignale bzw. Bits eines elektrischen Eingangssignals  
verteilt werden. Wenn „N“ gleich der Anzahl der Lichtsender  
ist, so braucht jeder Lichtsender nur bei jedem N-ten Bit zu  
senden und hat dazwischen ausreichend Zeit, vollständig auf  
den Wert „0“ zurückzukehren. Jeder Lichtsender wird dabei  
20 unabhängig angesteuert.

Die erfindungsgemäße Lösung reduziert insbesondere ein Jitter  
der einzelnen logischen Signale einer digitalen Signalfolge  
und ermöglicht daher eine Vergrößerung der Bandbreite der  
○25 Datenübertragung.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung erzeugen die  
Lichtsender zu den erhaltenen Bits jeweils zeitlich versetzt  
ein optisches Signal. Die einzelnen Lichtsender werden dabei  
30 durch die Steuereinrichtung in bevorzugt fester Reihenfolge  
abwechselnd mit Bits der elektrischen Signalfolge  
beaufschlagt. Die zeitlich versetzten Signale werden dann zu  
dem zu Gesamtsignal überlagert.

35 Alternativ kann auch vorgesehen sein, daß die Steuermittel  
jeweils eine Anzahl von Bits der digitalen elektrischen  
Signalfolge, die der Anzahl der Lichtsender entspricht, auf

die Lichtsender verteilt und die Lichtsender zu den erhaltenen Bits gleichzeitig, also nicht hintereinander, ein optisches Signal erzeugen.

- 5 Um die ursprüngliche zeitliche Reihenfolge wieder herzustellen, ist dabei vorgesehen, die erzeugten optischen Signale zeitlich versetzt in dem optischen Signalpfad zusammenzuführen. Dies wird mittels unterschiedlich langer Signalwege der einzelnen Signale vor ihrer Vereinigung  
10 realisiert, wobei der Längenunterschied zwischen den Signalwegen jeweils der Länge eines Bits bzw. einem Vielfachen dieses Wertes entspricht. Zur Erzeugung unterschiedlich langer Signalwege werden die optischen Signale der einzelnen Lichtsender beispielsweise jeweils in  
15 einen Lichtwellenleiter unterschiedlicher Länge eingekoppelt.

- In einer alternativen Ausgestaltung wird die ursprüngliche zeitliche Reihenfolge nicht wieder hergestellt und werden die gleichzeitig ausgesandten optischen Signale ohne zeitliche  
20 Versetzung in dem optischen Signalpfad zusammengeführt und überlagert. Die dabei entstehende Kodierung ist als „Multilevel-Kodierung“ bekannt.

- Die die einzelnen Lichtsender erzeugen zu einem von der  
25 Steuervorrichtung zugeordneten Bit der digitalen Signalfolge bevorzugt jeweils einen Lichtpuls, der mit den Lichtimpulsen der weiteren Lichtsender zusammengeführt wird.

- In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die  
30 Mehrzahl der Lichtsender in engem Abstand zueinander auf einem Halbleiterchip angeordnet. Zur Einkopplung der erzeugten optischen Signale in den optischen Signalpfad sind die Lichtsender in einer Ausführungsvariante direkt vor einem Lichtwellenleiter angeordnet, in den das von den Lichtsendern  
35 ausgesandte Licht eingekoppelt wird. Diese Variante ist insbesondere bei VCSEL-Lasern von Vorteil, wobei das Licht

mehrerer VCSEL-Laser direkt oder auch über eine Koppeloptik in einen Lichtwellenleiter eingekoppelt wird.

In einer zweiten Ausführungsvariante ist jedem Lichtsender ein Lichtwellenleiter zugeordnet, in den das Licht des zugeordneten Lichtsenders eingekoppelt wird, und werden die einzelnen Wellenleiter zu einem einzigen Wellenleiter zusammengeführt. Diese Variante eignet sich insbesondere für kantenemittierende (EEL-) Laser, bei denen es schwierig ist, Licht mehrerer Laser in nur eine Lichtfaser-Stirnfläche einzukoppeln.

Bevorzugt sind eine gerade Anzahl von Lichtsendern, insbesondere vier Lichtsender vorgesehen sind. Je mehr Lichtsender vorgesehen sind, desto geringer ist ein verbleibendes Jitter und desto höhere Datenraten können erzielt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß die Bits einer elektrischen Signalfolge auf eine Mehrzahl von Lichtsendern verteilt werden, die zu den erhaltenen Bits jeweils ein optisches Signal erzeugen, und die von der Mehrzahl der Lichtsender erzeugten optischen Signale in einen optischen Signalpfad zusammengeführt und überlagert werden.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1            schematisch eine Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen optischen Senders mit vier Lichtsendern;

Figur 2            eine Seitenansicht des optischen Senders der Figur 1, der direkt vor einem Lichtwellenleiter angeordnet ist;

Figur 3 in Seitenansicht eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen optischen Senders;

Figur 4 in Seitenansicht eine dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen optischen Senders;

Figur 5 die elektrische Ansteuerung des optischen Senders der Fig. 1 bis 3 und erzeugten Lichtsignale für ein erstes Beispiel einer Signalfolge;

Figur 6 die elektrische Ansteuerung des optischen Senders der Fig. 1 bis 3 und erzeugten Lichtsignale für ein zweites Beispiel einer Signalfolge;

Figur 7 ein erstes Beispiel einer Koppeloptik zwischen einem Array von Lichtsendern und einem Lichtwellenleiter; und

Figur 8 ein zweites Beispiel einer Koppeloptik zwischen einem Array von Lichtsendern und einem Lichtwellenleiter.

Fig. 1 zeigt ein Array 1 von 2x2 auf einem Halbleiterchip 2 angeordneten oberflächenemittierenden VCSEL Lasern 10a, 10b, 10c, 10d. Der Abstand der VCSEL Laser 10a, 10b, 10c, 10d ist sehr gering und beträgt beispielsweise einige  $\mu\text{m}$  bis einige 10  $\mu\text{m}$ . Jede der Laserdioden ist in an sich bekannter Weise über Anschlüsse 11a, 11b, 11c, 11d individuell ansteuerbar. Hierzu werden an sich bekannte Treiberschaltungen verwendet, die den Laserdioden einen Vorstrom und einen Modulationsstrom zuführen, der in Abhängigkeit von dem zu übertragenden Datensignal moduliert wird.


Ebenfalls möglich ist eine elektrische Ansteuerung der Laserdioden jeweils mit einem Delta-Puls, d.h. ein HIGH-Level



des zu übertragenden Datensignals führt bei der entsprechenden Laserdiode zu einem extrem kurzen Puls bzw. Lichtblitz.

- 5 Weiter wird darauf hingewiesen, daß als Laser modifizierte Laser verwendet werden können, bei denen z.B. ein nicht linearer sättigbarer Absorber in den Laserresonator integriert ist (sogenannter Q-Switch). Der sättigbare Absorber ermöglicht sehr kurze und intensive Pulse.

10

 Wie aus der Seitenansicht der Fig. 2 dargestellt, ist das Laserarray 1 unmittelbar gegenüber der Stirnfläche 31 eines Lichtwellenleiters 3, insbesondere einer Lichtfaser angeordnet. Der Durchmesser des Lichtwellenleiters 3 und  
15 insbesondere der Durchmesser des Kernbereichs 32 des Lichtwellenleiters 3 ist dabei derart bemessen, daß das von sämtlichen VCSEL Lasern 10a, 10b, 10c, 10d ausgestrahlte Licht unmittelbar, d.h. ohne eine zusätzliche Optik in den Wellenleiter 3 eingekoppelt werden kann. Dies ist  
20 beispielsweise bei üblichen Vielmoden-Wellenleitern der Fall, die Kerndurchmesser von 50 µm bzw. 62,5 µm besitzen.

Die von den einzelnen VCSEL-Lasern 10a, 10b, 10c, 10d ausgesandten Lichtsignale, die anhand der Figuren 5 und 6  
25 noch näher erläutert werden, überlagern sich aufgrund der Einstrahlung in den Lichtwellenleiter 3 automatisch und werden in diesem zusammengeführt.

- Alternativ ist zwischen dem Laserarray 1 und dem  
30 Lichtwellenleiter eine Koppeloptik eingesetzt, mit der über die Wahl der Vergrößerung oder Verkleinerung eine optimale Einkopplung von Strahlung der VCSEL Laser 10a, 10b, 10c, 10d in den Lichtwellenleiter 3 bereitgestellt wird. Ein erster Beispiel für eine solche Koppeloptik ist in Figur 7  
35 dargestellt, in der eine Linse 7 das Licht der VCSEL Laser 10a, 10b, 10c, 10d auf die Stirnfläche 31 eines Lichtwellenleiters 3 abbildet, wobei eine verkleinerte

Abbildung erfolgt.

Ein zweites Beispiel für eine Koppeloptik zwischen einem Array 1 von VSCEL Lasern 10a, 10b, 10c, 10d und einem  
5 Lichtwellenleiter 3 zeigt Figur 8. Danach ist als Linse eine Fresnel-Linse 8 vorgesehen, die für jede Lichtquelle 10a, 10b, 10c, 10d eine individuelle Abbildung und Umlenkung des Laserstrahls derart bereitstellt, daß sämtliche Laserstrahlen in einem Punkt (bzw. kleinen Bereich) auf der Stirnfläche 31  
10 des Lichtwellenleiters 3 räumlich zur Deckung gebracht werden.

In der Fig. 3 ist eine alternative Anordnung von Laserdioden in einem erfindungsgemäßen Sender dargestellt, bei der auf  
15 einem Substrat 2' in einem länglichen Array eine Mehrzahl von kantenemittierenden (EEL-) Laserdioden 10a', 10b', 10c', 10d' angeordnet sind. Die EEL-Laserdioden 10a', 10b', 10c', 10d' werden wiederum unabhängig voneinander gesteuert und jeweils über eine Treiberschaltung (nicht dargestellt) mit  
20 elektrischen Signalen beaufschlagt.

Jeder Laserdiode 10a', 10b', 10c', 10d' ist in dem Ausführungsbeispiel der Figur 3 ein gesonderter Lichtwellenleiter 3a, 3b, 3c, 3d zugeordnet, in den das Licht  
25 der jeweiligen Laserdiode unmittelbar oder über eine Koppeloptik eingekoppelt wird. Die Lichtwellenleiter 3a, 3b, 3c, 3d sind beispielsweise auf einem integriert optischen Chip als Glas-Wellenleiter in einem Silizium-Substrat 4 ausgebildet. Die einzelnen Wellenleiter 3a, 3b, 3c, 3d werden  
30 auf dem Substrat 4 zu einem einzigen Wellenleiter 3e zusammengeführt, wodurch die in die jeweiligen Wellenleiter eingekoppelten Signale der einzelnen Laserdioden 10a', 10b', 10c', 10d' ebenfalls zusammengeführt werden und sich überlagern.

35

Die einzelnen Wellenleiter 3a, 3b, 3c, 3d weisen dabei die gleiche optische Länge auf, so daß die zeitliche Abfolge der

Lichtsignale der einzelnen Laserdioden 10a', 10b', 10c', 10d' sich unverfälscht im zusammengeführten Wellenleiter 3e wiederfindet.

- 5 Ein Ausgangswellenleiter (nicht dargestellt), der den gesamten optischen Datenstrom überträgt, kann beispielsweise an der Substratkante 41 am Ende des Wellenleiters 3e angebracht werden.

- 10 Die Fig. 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen optischen Senders mit Laserdioden 10a'', 10b'', 10c'', 10d'', das sich von dem Ausführungsbeispiel der Figur 3 in der Länge der Wellenleiter 3a', 3b', 3c', 3d' sowie der Art der elektrischen Ansteuerung der Laserdioden
- 15 unterscheidet, wobei letzterer Punkt weiter unten erläutert werden wird. Anders als bei der Fig. 3 weisen die einzelnen Wellenleiter 3a', 3b', 3c', 3d' jeweils eine unterschiedliche optische Länge auf, bevor die Wellenleiter sich wieder zu einem gemeinsamen Wellenleiter 3e' vereinen. Die
- 20 Längendifferenz  $\Delta L$  zwischen zwei Wellenleitern 3a', 3b', 3c', 3d' entspricht dabei genau der Länge eines von den Laserdioden 10a', 10b', 10c', 10d' ausgesandten Lichtimpulses bzw. der Länge eines Bits des zu übertragenden Datensignals oder einem Vielfachen dieser Länge.

- 25 Die erfindungsgemäße elektrische Ansteuerung der Laserdioden der Figuren 1 bis 3 wird im folgenden anhand der Signalbeispiele der Figuren 5 und 6 erläutert. In Figur 5 ist die zu übertragende Signalfolge X, die zunächst elektrisch
- 30 vorliegt, ein konstanter HIGH-Level mit 12 HIGH-Zuständen, also eine Abfolge von „1“-Bits. Dieses in ein optisches Ausgangssignal umzuwandelndes Eingangssignal wird einer Steuereinrichtung 5 zugeführt. Die Steuereinrichtung 5 verteilt die ankommenden Bits des Eingangssignals X der Reihe
- 35 nach und zyklisch auf verschiedene Steuerkanäle 51, 52, 53, 54, die den einzelnen Laserdioden 10a, 10b, 10c, 10d, 10a bzw. deren Treiberschaltungen 61, 62, 63, 64 zugeführt

werden. Dabei wird jedes vierte Bit jeweils auf einen Steuerkanal gelegt, d.h. das erste, fünfte, neunte, etc. Bit wird auf den Steuerkanal 51 gelegt, das zweite, sechste, zehnte etc. Bit auf den Steuerkanal 52, usw.

5

Es wird darauf hingewiesen, daß die Darstellung der Steuereinrichtung 5 und der Treiberschaltungen 61, 62, 63, 64 in Figur 5 nur schematisch ist. Insbesondere sind die Treiberschaltungen bevorzugt zusammen mit der Steuereinrichtung in einen Chip integriert.

10

Die elektrische Ansteuerung der Laserdioden 10a, 10b, 10c, 10d, 10a', 10b', 10c', 10d' ist nun derart, daß jede Laserdiode nur bei Vorliegen eines „HIGH“-Pegels bzw. „1“-Bits a, b, c, d einen kurzen Puls abgibt. Dabei wird durch die Ansteuerung erreicht, daß die Pulse a, b, c, d der einzelnen Laserdioden immer zeitlich nacheinander abwechselnd abgestrahlt werden. Es können nie zwei Laserdioden gleichzeitig senden. Die daraus resultierenden optischen Signale der Laserdioden sind in den Pulsdarstellungen A, B, C, D dargestellt.

15

20

Durch die optische Überlagerung der Einzellichtquellen, die jeweils um ein Bit versetzte Signale a, b, c, d aussenden, entsteht, wie in Bezug auf die Figuren 1 bis 3 erläutert, wieder das vollständige, zu übertragenden optische Datensignal X.

25

Wie sich unmittelbar aus der Figur 5 ergibt, ist jede Laserdiode vor einem HIGH-Zustand („1“-Bit) jeweils für drei Bitperioden in einem LOW-Zustand („0“-Bit). Bei einem neuen HIGH-Zustand erfolgt deswegen ein definierter Anschwingvorgang, ohne daß störende Einflüsse früherer HIGH-Zustände vorliegen würden. Hierdurch wird sichergestellt, daß eine möglichst gleichmäßige Pulsform erzeugt wird, wodurch die Frequenz der Datenübertragung erheblich erhöht werden kann.

30

35

In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 6 ist als weiteres Beispiel eine Signalfolge X' dargestellt, die eine alternierende „0101...“ Folge ist. Bei gleicher Verteilung der Signalzustände auf die Steuerkanäle 51, 52, 53, 54 durch die Steuereinrichtung 5 wie bei Fig. 5 senden zwei Laserdioden entsprechend den Pulsfolgen A', C' keine Pulse aus, während die beiden anderen Laserdioden entsprechend den Pulsfolgen B', D' Lichtpulse aussenden.

10

Es können beliebige Pulsfolgen durch die Steuereinrichtung 5 auf die einzelnen Laserdioden verteilt werden.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 4 werden die Bitzustände des Eingangssignals X in der Steuereinrichtung 5 ebenfalls auf einzelne Steuerkanäle aufgeteilt. Die eingehenden Datenbits werden hier jedoch zunächst in der Steuereinrichtung gesammelt und dann gleichzeitig an die jeweiligen Laserdioden bzw. Treibereinrichtungen übertragen.

Es erfolgt somit eine Steuerung der einzelnen Treibereinrichtungen derart, daß sämtliche Laserdioden gleichzeitig einen Lichtimpuls abgeben. Dabei werden jeweils soviele Bits gleichzeitig ausgesendet, wie Laserdioden vorhanden sind. Dementsprechend sendet die Steuereinrichtung 5 jeweils dann Steuersignale an die einzelnen Laserdioden bzw. Treiberschaltungen, wenn eine Anzahl von Bits vorliegt, die gleich der Anzahl der Laserdioden ist.

Eine Rekonstruktion der Bitfolge des ursprünglichen Signals erfolgt bei dieser Ausgestaltung über die unterschiedlich langen optischen Wege der einzelnen Lichtwellenleiter 3a', 3b', 3c', 3d', wie in Bezug auf Figur 4 beschrieben.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung werden wie bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 4 die Laserdioden derart angesteuert, daß die Laserdioden gleichzeitig einen Lichtpuls abgeben (bei Vorliegen eines HIGH-Levels). Die

erzeugten optischen Signale werden jedoch nicht wieder getrennt und durch unterschiedliche optische Wege in ihre richtige Reihenfolge gebracht, sondern gleichzeitig in einem Ausgangswellenleiter übertragen. Die dabei entstehende

5 Kodierung ist als „Multilevel-Kodierung“ bekannt. Es liegt zwar ein gewisser Informationsverlust vor, jedoch können durch die Überlagerung der einzelnen Signale für N Bits noch N+1 Werte kodiert werden. Bei vier Lichtquellen und von diesen gleichzeitig ausgestrahlten Bits können beispielsweise  
10 fünf Werte (0,1,2,3,4) kodiert werden.

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf die vorstehend erläuterten Ausführungsbeispiele.

Beispielsweise ist die Anzahl von vier Laserdioden nur  
15 beispielhaft zu verstehen. Ebenso können eine andere Anzahl von Laserdioden, etwa 8, 16 oder auch 6 Laserdioden zum Einsatz kommen. Des weiteren könnte über die Steuereinrichtung 5 auch eine ungleichmäßige Verteilung der Datenbits des Eingangssignals auf die einzelnen Laserdioden  
20 vorgenommen werden, etwa um bestimmte Laserdioden aus bestimmten Gründen geringer auszulasten.

Wesentlich für die Erfindung ist allein, daß eine Mehrzahl unabhängig ansteuerbarer Lichtsender und eine

25 Steuereinrichtung vorhanden sind, die die Bits einer in eine digitale optische Signalfolge umzuwandelnden digitalen elektrischen Signalfolge auf die Lichtsender verteilt, wobei die Lichtsender zu den erhaltenen Bits jeweils ein optisches Signal erzeugen und die von der Mehrzahl der Lichtsender  
30 erzeugten optischen Signale in einen optischen Signalpfad zusammengeführt und überlagert werden.

## Patentansprüche

1. Optischer Sender zum Erzeugen einer digitalen optischen  
Signalfolge,

5

gekennzeichnet durch

10

- eine Mehrzahl unabhängig ansteuerbarer Lichtsender (10a, 10b, 10c, 10d; 10a', 10b', 10c' 10d'; 10a'', 10b'', 10c'' 10d'') und eine

- Steuereinrichtung (5), die die Bits einer in eine digitale optische Signalfolge umzuwandelnden digitalen elektrischen Signalfolge (X, X') auf die Lichtsender verteilt, wobei

15

- die Lichtsender (10a, 10b, 10c, 10d; 10a', 10b', 10c' 10d'; 10a'', 10b'', 10c'' 10d'') zu den erhaltenen Bits jeweils ein optisches Signal (a, b, c, d) erzeugen und die von den Lichtsendern erzeugten optischen Signale in einen optischen Signalpfad (3, 3e, 3e') zusammengeführt und

20

überlagert werden.

2. Sender nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtsender (10a, 10b, 10c, 10d; 10a', 10b', 10c' 10d') zu den erhaltenen Bits zeitlich versetzt jeweils ein optisches Signal (a, b, c, d) erzeugen.

25

3. Sender nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Lichtsender Lichtsender (10a, 10b, 10c, 10d; 10a', 10b', 10c' 10d') durch die Steuereinrichtung (5) in fester zeitlicher Reihenfolge abwechselnd mit Bits der elektrischen Signalfolge (X) beaufschlagt werden.

30

4. Sender nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (10a'', 10b'', 10c'' 10d'') jeweils eine Anzahl von Bits der digitalen elektrischen Signalfolge, die der Anzahl der Lichtsender entspricht, auf die Lichtsender verteilt und die Lichtsender zu den

35

erhaltenen Bits gleichzeitig ein optisches Signal erzeugen.

5. Sender nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,  
5 daß die erzeugten optischen Signale zeitlich versetzt in dem optischen Signalpfad (3e') zusammengeführt und überlagert werden.

10 6. Sender nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zeitversetzte Überlagerung der optischen Signale mittels unterschiedlich langer Signalwege (3a', 3b', 3c', 3d') vor der Vereinigung realisiert wird, wobei der Längenunterschied zwischen den Signalwegen jeweils der Länge eines Bits entspricht.

15

7. Sender nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die erzeugten optischen Signale ohne zeitlich Versetzung in dem optischen Signalpfad (3e') zusammengeführt und überlagert werden.

20

8. Sender nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Lichtsender zu einem von der Steuereinrichtung zugeordneten Bit der digitalen Signalfolge jeweils einen Puls (a, b, c, d) erzeugen.

25

9. Sender nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mehrzahl der Lichtsender in engem Abstand zueinander auf einem Halbleiterchip (2) angeordnet sind.

30

10. Sender nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtsender zur Einkopplung der erzeugten optischen Signale in den optischen Signalpfad direkt vor einem Lichtwellenleiter (3) angeordnet sind, in den das von den Lichtsendern ausgesandte Licht eingekoppelt wird.

35



11. Sender nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet, daß jedem Lichtsender  
ein Lichtwellenleiter (3a, 3b, 3c, 3d; 3a', 3b', 3c',  
5 3d') zugeordnet ist, in den das Licht des Lichtsenders  
eingekoppelt wird, und die einzelnen Wellenleiter zu  
einem einzigen Wellenleiter (3e, 3e') zusammengeführt  
sind.

10 12. Sender nach Anspruch 10 oder 11, dadurch  
gekennzeichnet, daß die Einkopplung des Lichts  
eines Lichtsenders in den Lichtwellenleiter (3) über  
eine Koppeloptik erfolgt.

15 13. Sender nach mindestens einem der vorangehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine  
gerade Anzahl von Lichtsendern, insbesondere vier  
Lichtsender vorgesehen sind.

20 14. Sender nach mindestens einem der vorangehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die  
Lichtsender als Array (1) angeordnete VCSEL-Laserdioden  
oder EEL-Laserdioden sind.

25 15. Verfahren zum Erzeugen einer digitalen optischen  
Signalfolge, bei dem eine digitale elektrische  
Signalfolge in eine digitale optische Signalfolge  
umgewandelt wird,

30 dadurch gekennzeichnet, daß

die Bits der elektrischen Signalfolge (X, X') auf eine  
Mehrzahl von Lichtsendern (10a, 10b, 10c, 10d; 10a',  
10b', 10c', 10d'; 10a'', 10b'', 10c'', 10d'') verteilt  
35 werden, die zu den erhaltenen Bits jeweils ein optisches  
Signal (a, b, c, d) erzeugen, und die von der Mehrzahl  
der Lichtsender erzeugten optischen Signale in einen

optischen Signalpfad (3, 3e, 3e') zusammengeführt und überlagert werden.

5 16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtsender zeitlich versetzt jeweils ein optisches Signal erzeugen und die zeitlich versetzten Signale in dem optischen Signalpfad zusammengeführt werden.

10 17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtsender in fester Reihenfolge und abwechselnd jeweils ein optisches Signal erzeugen.

15 18. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtsender nach Erhalt jeweils eines Bits der elektrischen Signalfolge gleichzeitig ein optisches Signal erzeugen.

20 19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die erzeugten optischen Signale durch unterschiedlich lange Signalwege (3a', 3b', 3c', 3d') zeitlich versetzt in dem optischen Signalpfad zusammengeführt und überlagert werden.

25 20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Signale der einzelnen Lichtsender jeweils in einen Lichtwellenleiter unterschiedlicher Länge eingekoppelt und die  
30 Lichtwellenleiter zusammengeführt werden.

21. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die erzeugten optischen Signale ohne zeitlich Versetzung in dem optischen  
35 Signalpfad zusammengeführt und überlagert werden.

22. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die von den Lichtsendern ausgesandten Signale Lichtpulse (a, b, c, d) sind.

## Zusammenfassung

Bezeichnung der Erfindung: Optischer Sender und Verfahren zum Erzeugen einer digitalen optischen Signalfolge.

5

Die Erfindung betrifft einen optischer Sender und ein Verfahren zum Erzeugen einer digitalen optischen Signalfolge. Erfindungsgemäß sind eine Mehrzahl unabhängig ansteuerbarer Lichtsender (10a, 10b, 10c, 10d; 10a', 10b', 10c' 10d';  
10 10a'', 10b'', 10c'' 10d'') und eine Steuereinrichtung (5) vorgesehen, die die Bits einer in eine digitale optische Signalfolge umzuwandelnden digitalen elektrischen Signalfolge (X, X') auf die Lichtsender verteilt, wobei die Lichtsender (10a, 10b, 10c, 10d; 10a', 10b', 10c' 10d'; 10a'', 10b'',  
15 10c'' 10d'') zu den erhaltenen Bits jeweils ein optisches Signal (a, b, c, d) erzeugen und die von den Lichtsendern erzeugten optischen Signale in einen optischen Signalpfad (3, 3e, 3e') zusammengeführt und überlagert werden. Hierdurch können höhere Datenübertragungsraten erzielt werden.

20 (Fig. 5)

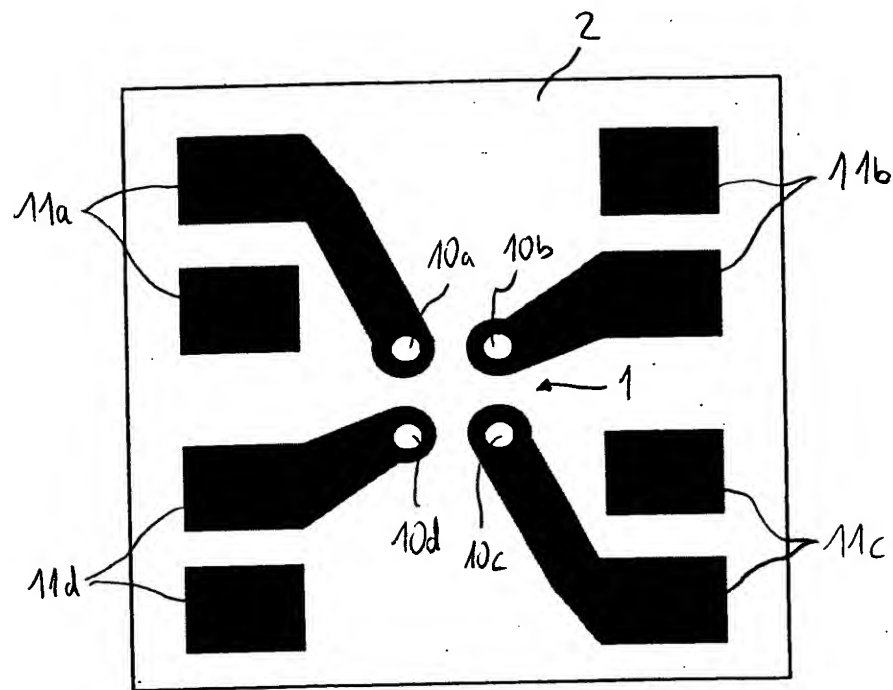


Fig. 1

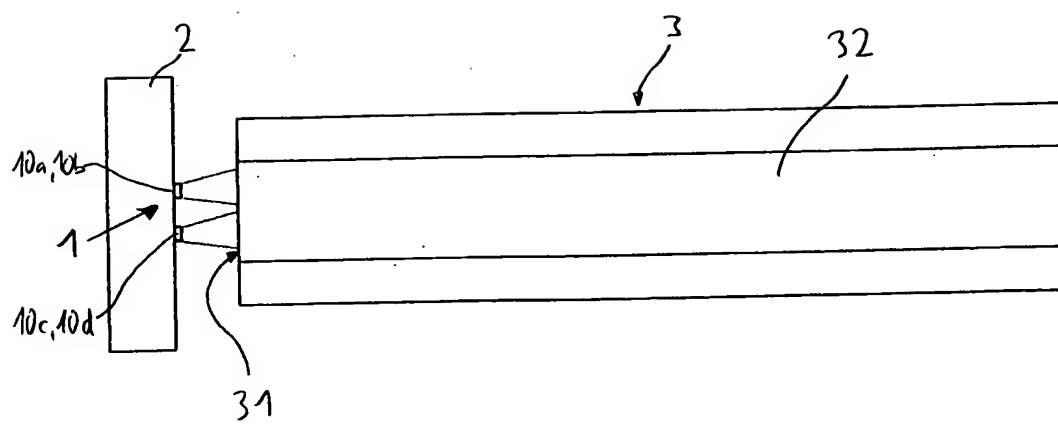


Fig. 2

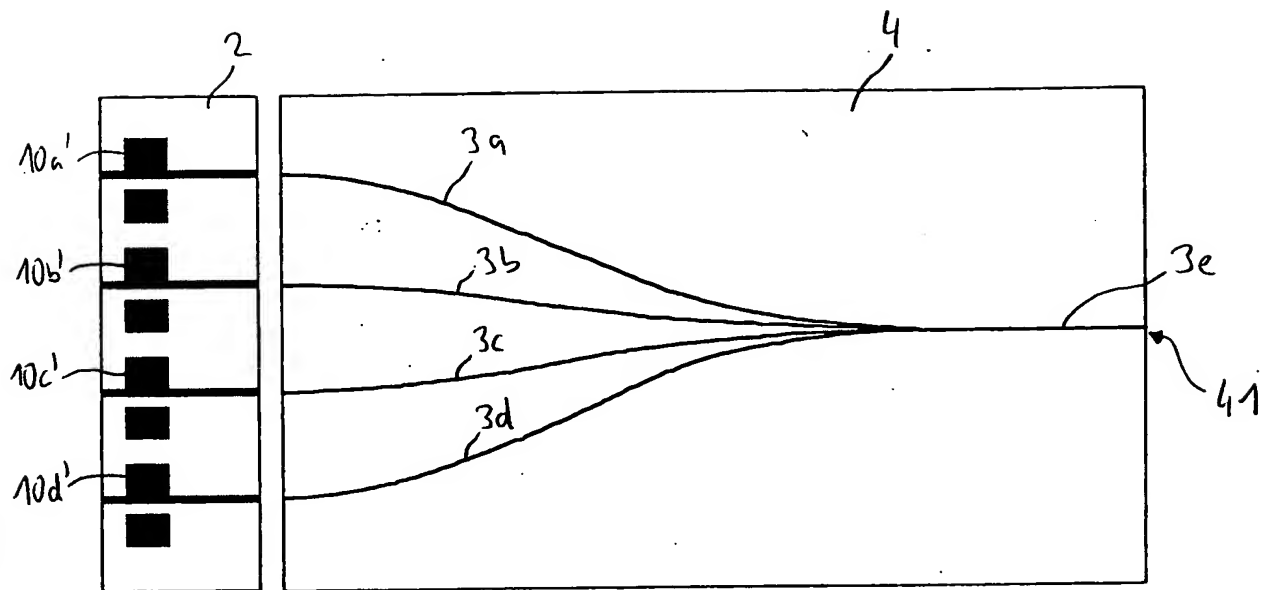


Fig. 3

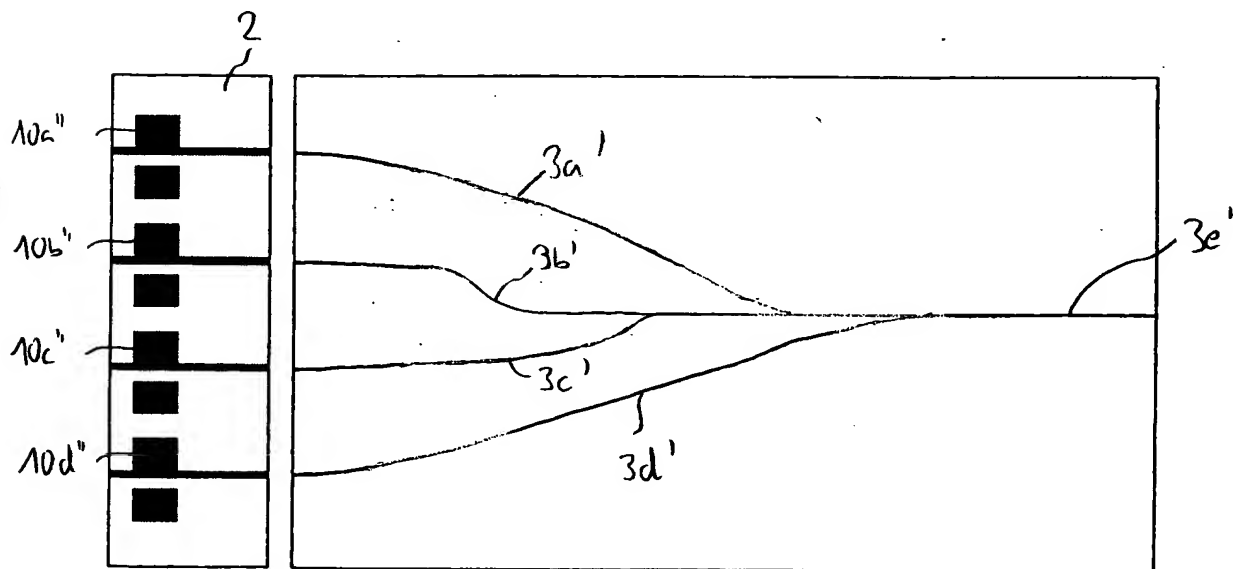


Fig. 4

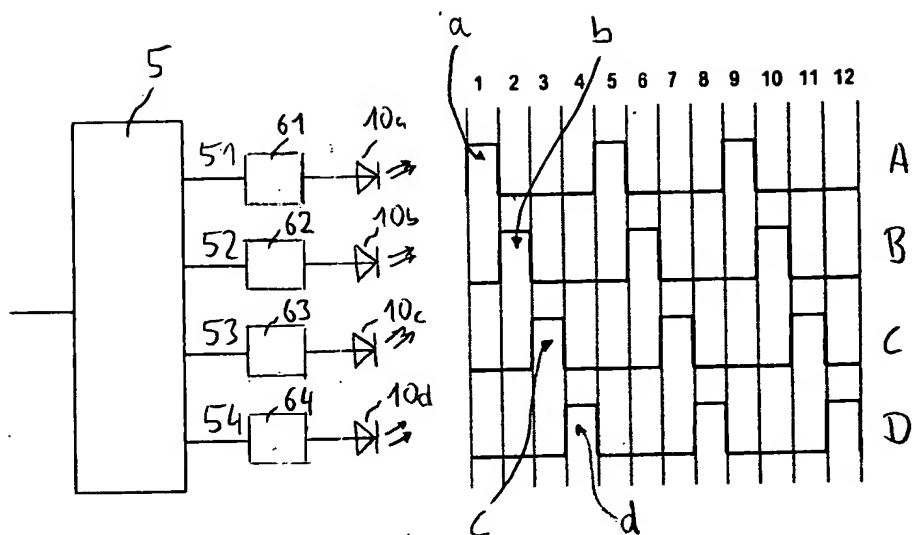
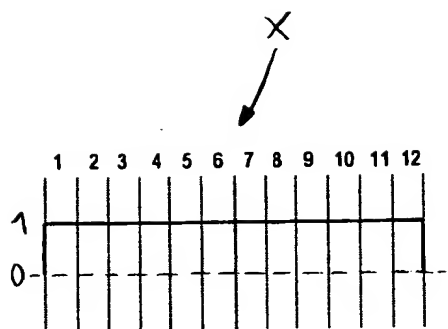


Fig. 5

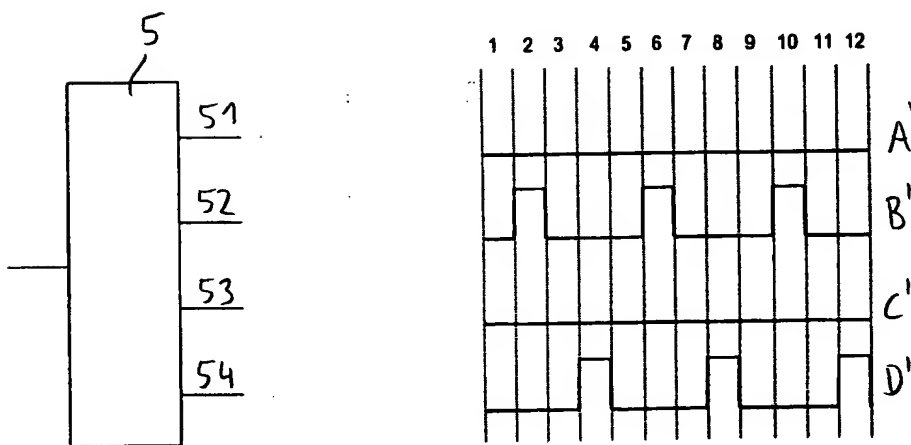
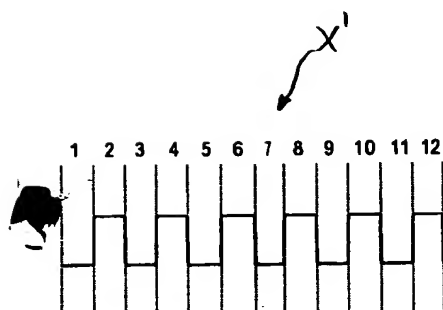


Fig. 6

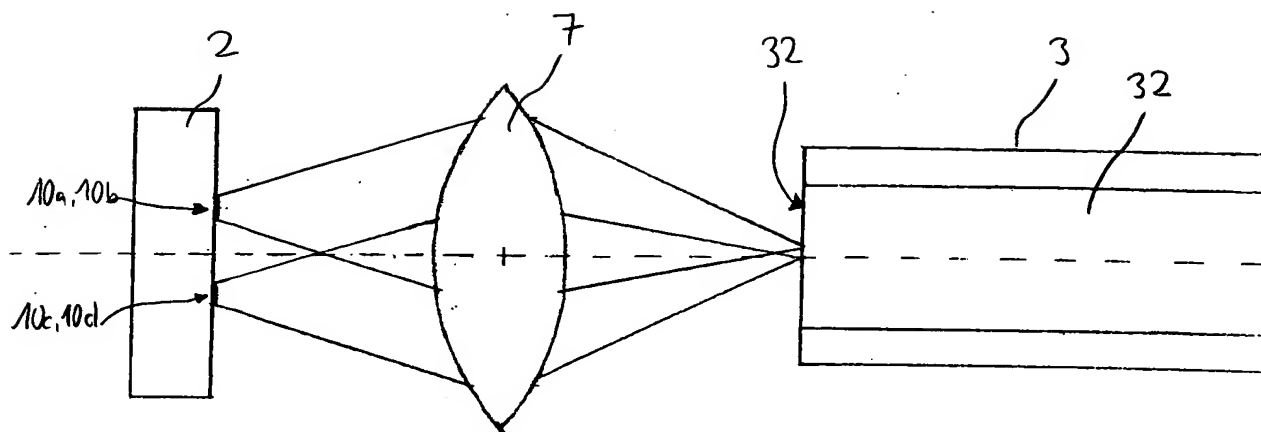


Fig. 7

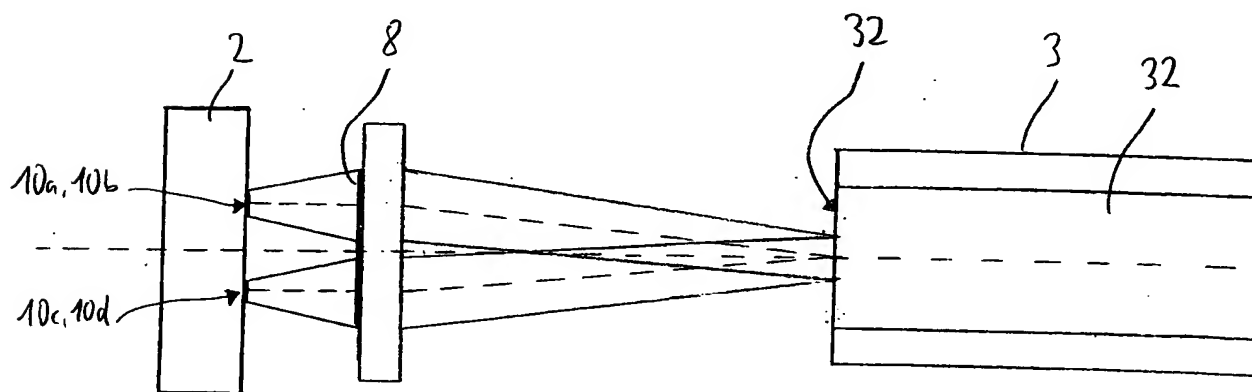


Fig. 8